

## Alpine Solar- und Windkraft für die erneuerbare Schweiz



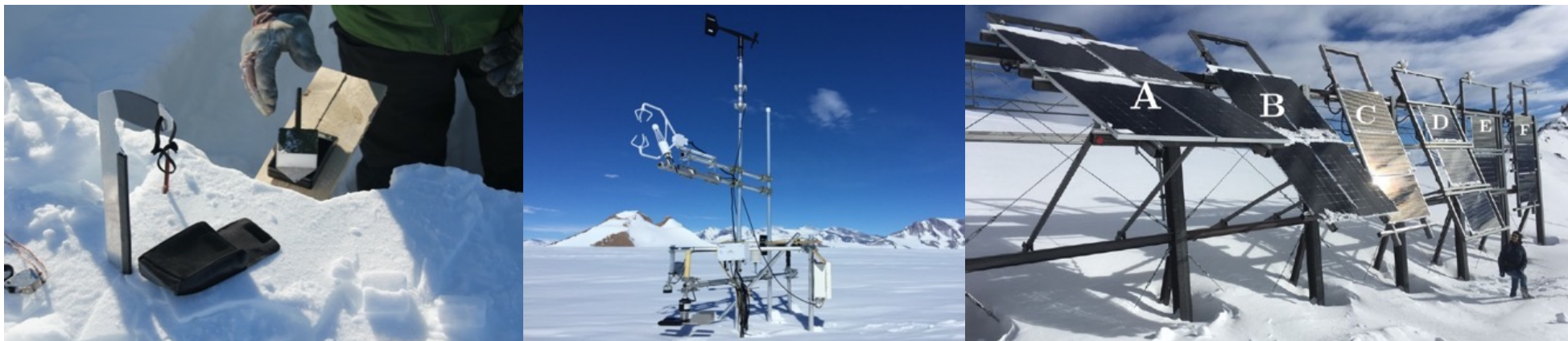
Michi Lehning

*WSL / SLF and EPFL*



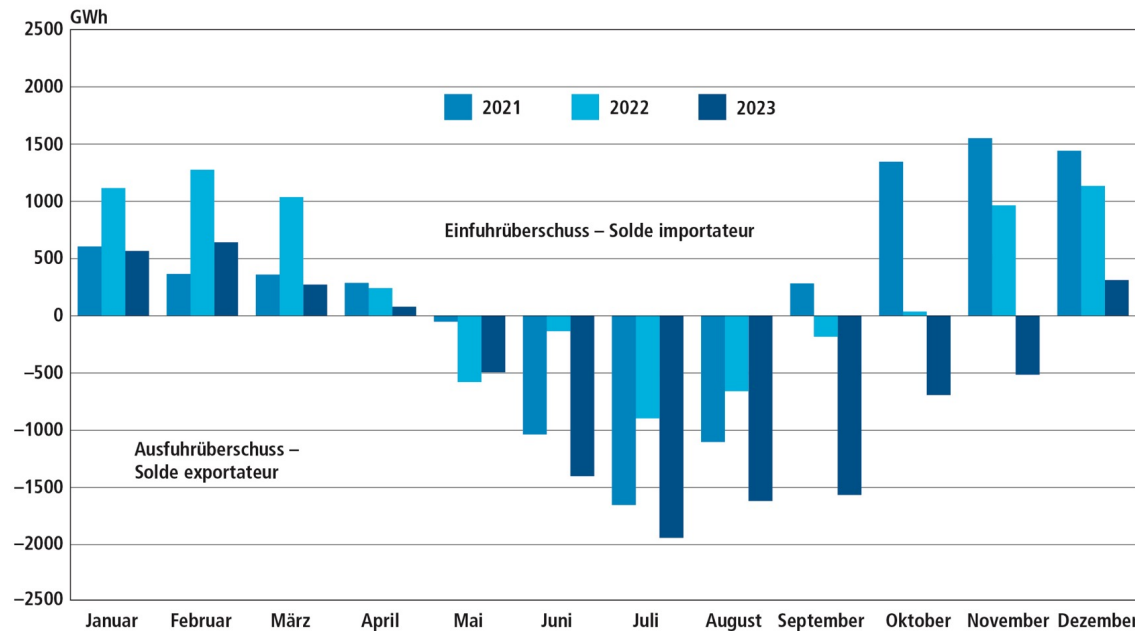
# Fragen und Antworten

- Ein Blick auf die Winterlücke und den Status Quo der Energieversorgung der Schweiz
- Was wissen wir über Strahlung, Wind, Schnee und Biodiversität in den Bergen? Was sind Einschränkungen?
- Ergebnisse von existierenden Produktionsstandorten
- Die optimale Kombination von Wasserkraft, Sonne (PV) und Wind
- Import und der Wert der Wettervorhersage



# Die Winterlücke in der Schweizer Stromversorgung

Fig. 20 Einfuhr- und Ausfuhrüberschuss (Monatswerte)  
Solde importateur/exportateur (chiffres mensuels)



- Schon jetzt muss im Winter Strom importiert werden
- Das wird in Zukunft noch mehr werden
- Wie verträgt sich das mit den erneuerbaren Energieträgern Sonne und Wind?

BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2023 (Fig. 20)  
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2023 (fig. 20)

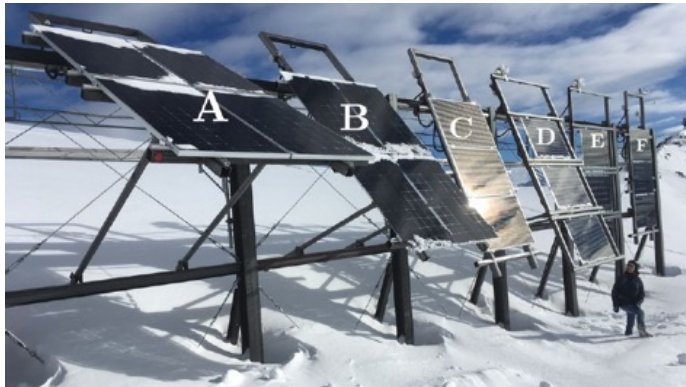
# Was wissen wir zu Alpiner PV?



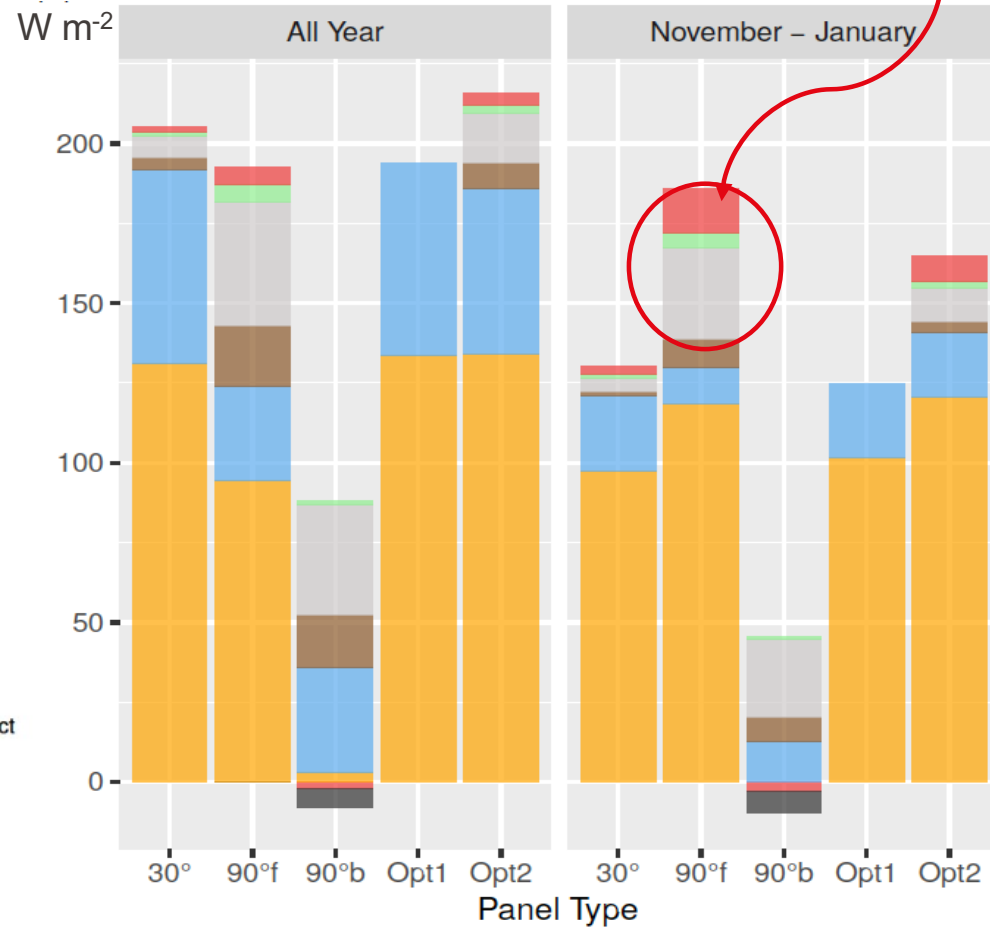
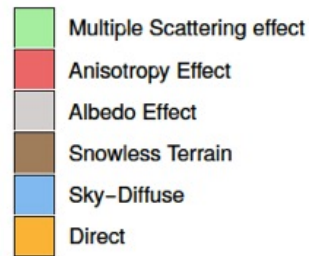
- In den Bergen gibt es viel **(Winter-)Sonne**
- **Schnee** reflektiert diese Strahlung und das Gelände leitet sie auf PV Module



# Funktioniert das in der Realität?

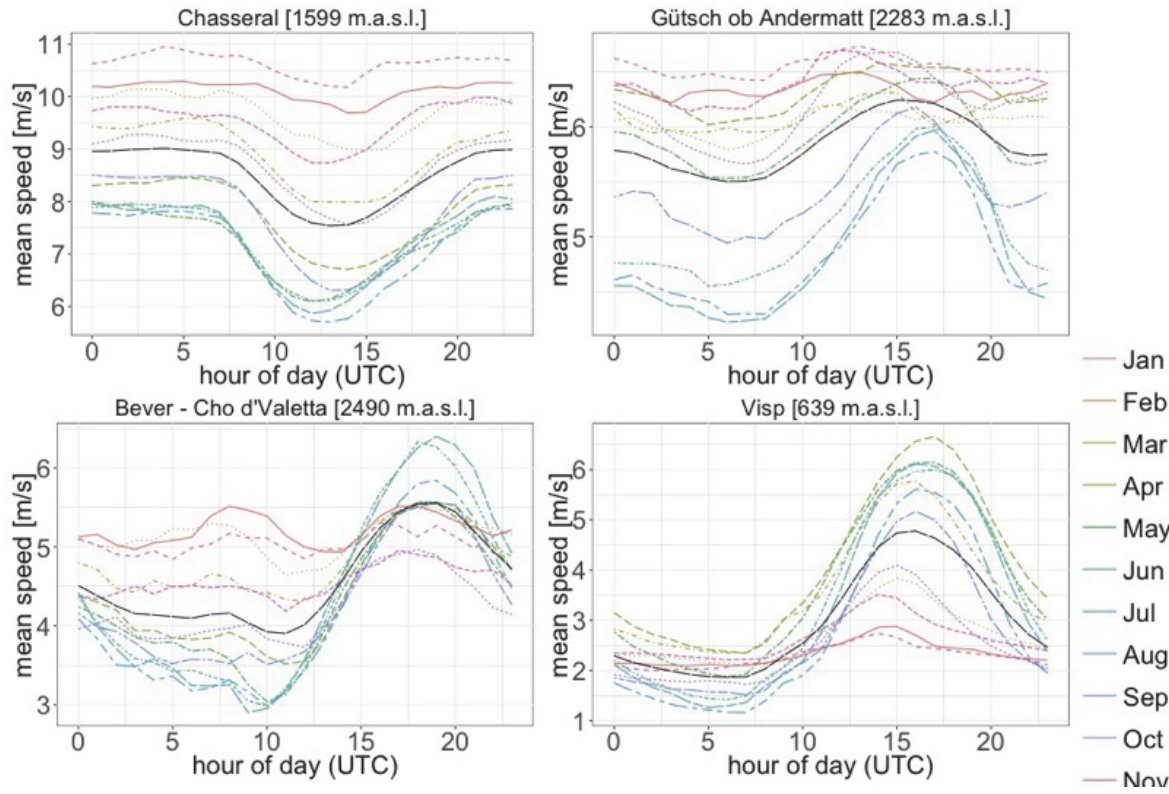


- 30° Südausgerichtet
- 90° Südausgerichtet (Vertikal)
- 90° Nord
- Optimal im Flachfeld und ohne Schnee
- Optimal mit Geländeberücksichtigung



Schneeeffekt

# Was wissen wir (nicht) über den Wind der Berge



Laseier Wind Schwendetal (AI)



1/31/25



- Verschiedene Standorte erzeugen ganz verschiedene Windtagesprofile
- Kann man Aussagen treffen, wo man ideale Windkraftstandorte erwarten kann?



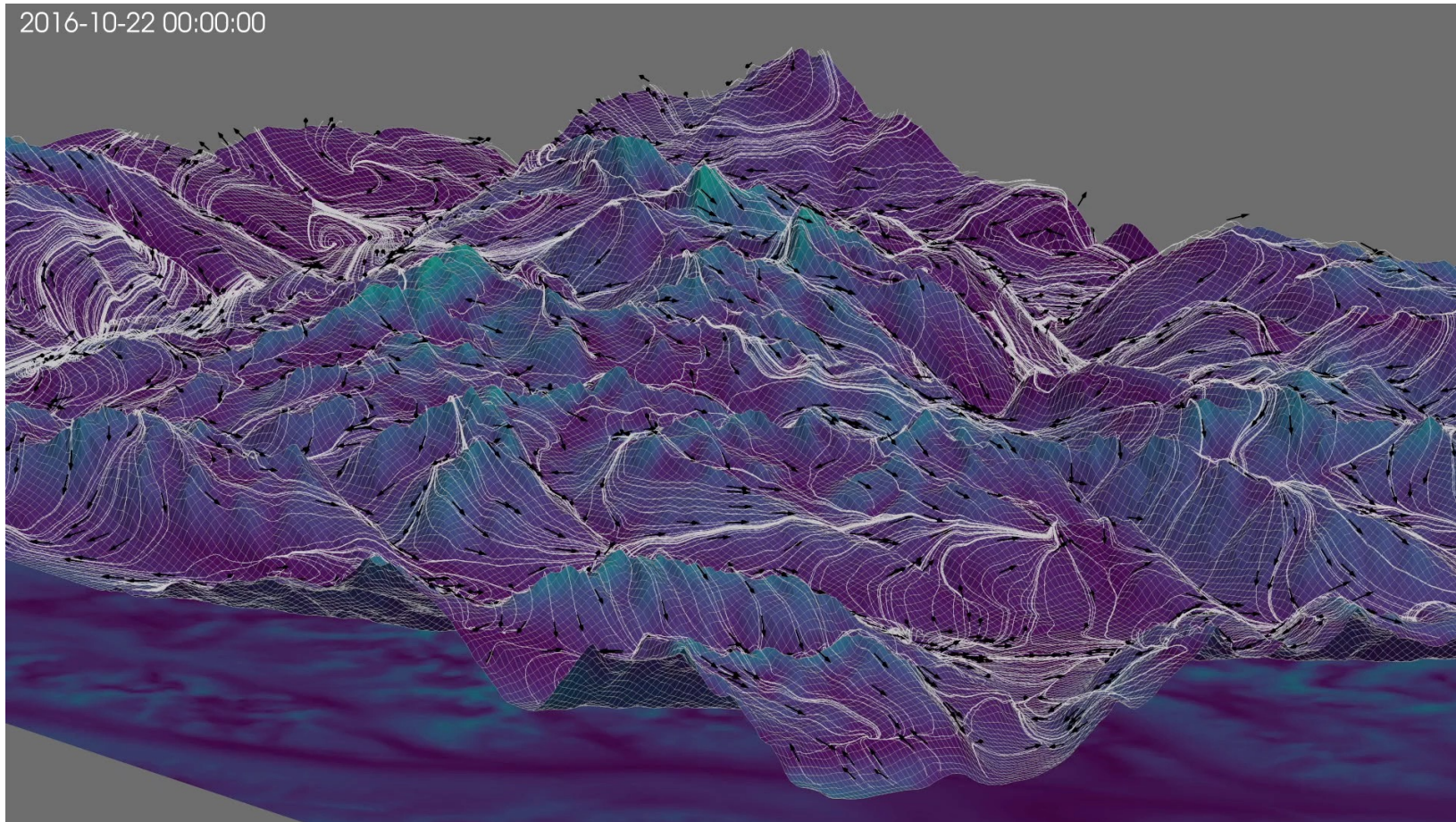
Kruyt, B., M. Lehning, and A. Kahl. *Applied Energy* 192 (April 15, 2017): 1–11.





# WindTopo gibt die zeitliche Entwicklung wieder

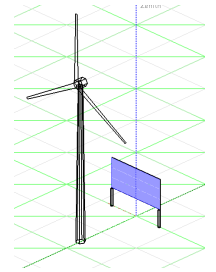
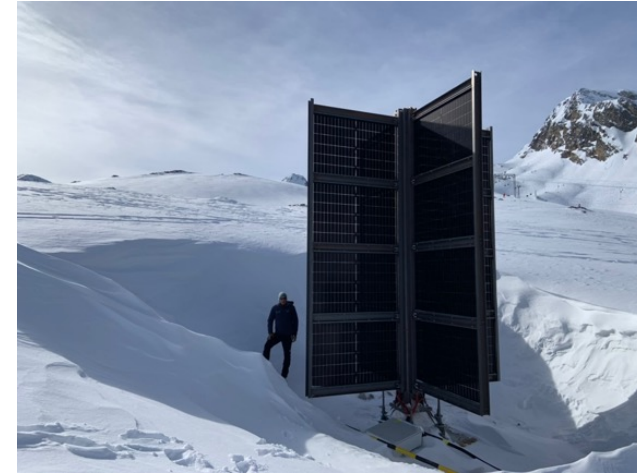
2016-10-22 00:00:00



EPFL

sweet swiss energy research  
for the energy transition  
EDGE

# Wind, Sonne und Schnee



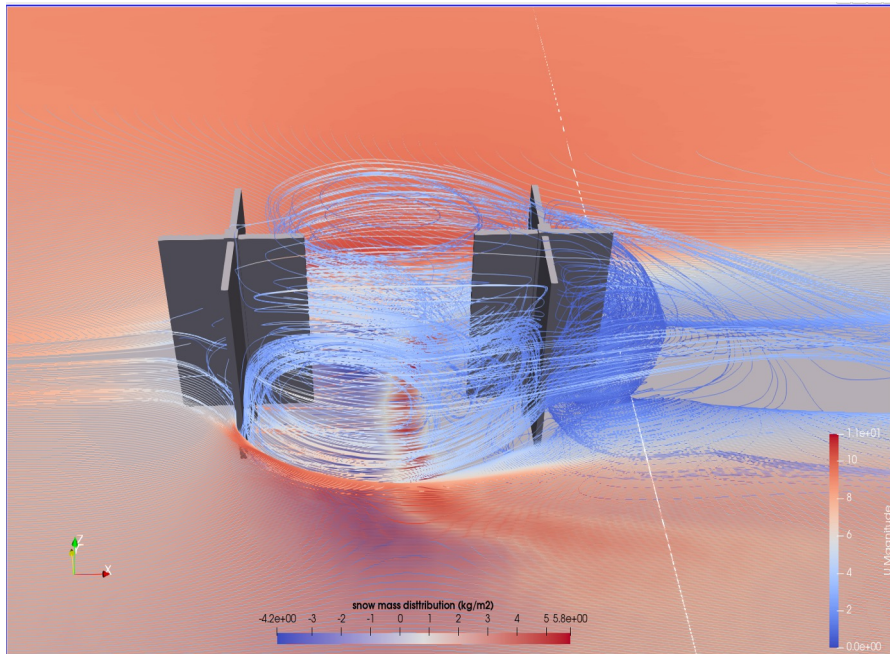
**Schnee kann auch die Produktion vermindern**

➡ Neue Design Lösungen sind gefragt

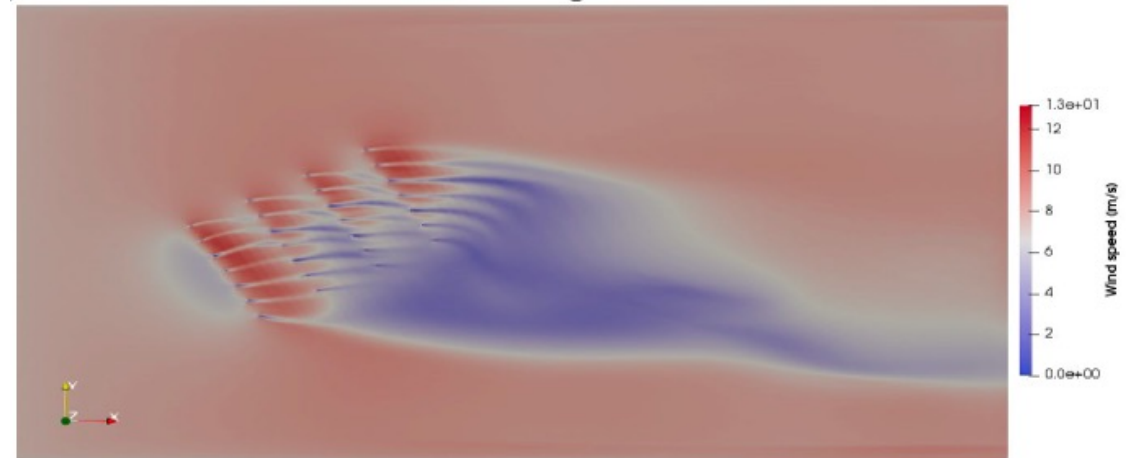




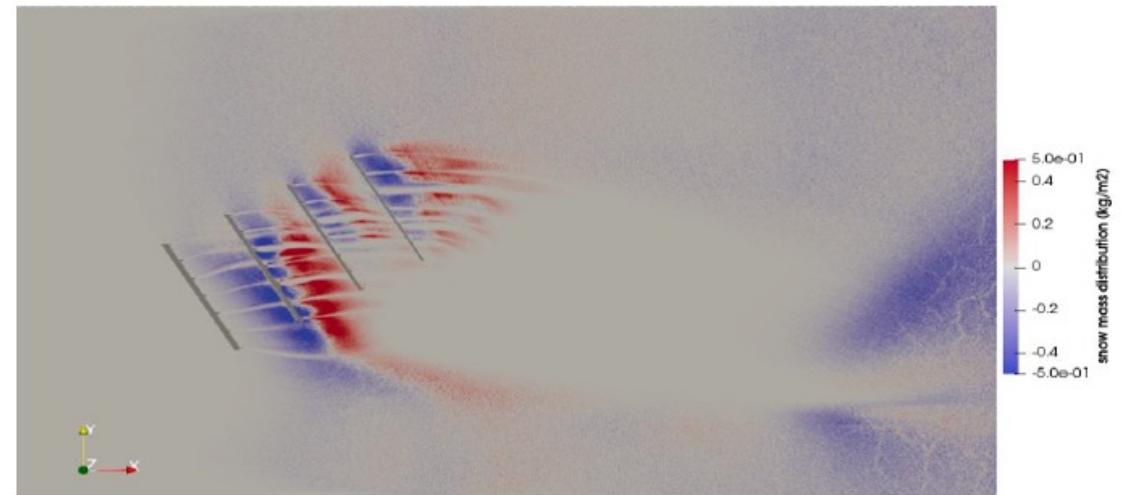
# Neue Werkzeuge



*Windlasten auf Alpiner PV*



*Berechnete Schneeablagerungen*





# Alpine Installationen und Biodiversität

- Im P&D Samedan, wird man die folgenden Fragen beantworten:
  - Einfluss der Installation auf die Biodiversität
  - Landwirtschaftliche Produktivität
  - Praktische Aspekte der Doppelnutzung

Erneuerbare Energien, Pressemitteilungen, Solarparks 26.09.2024

## Studie: Solarparks positiv für Artenvielfalt

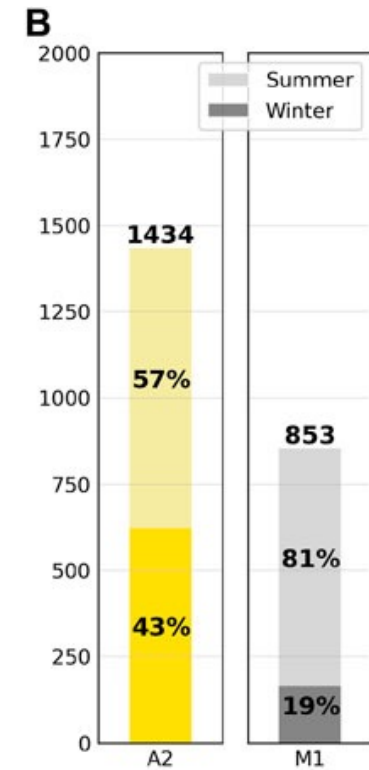
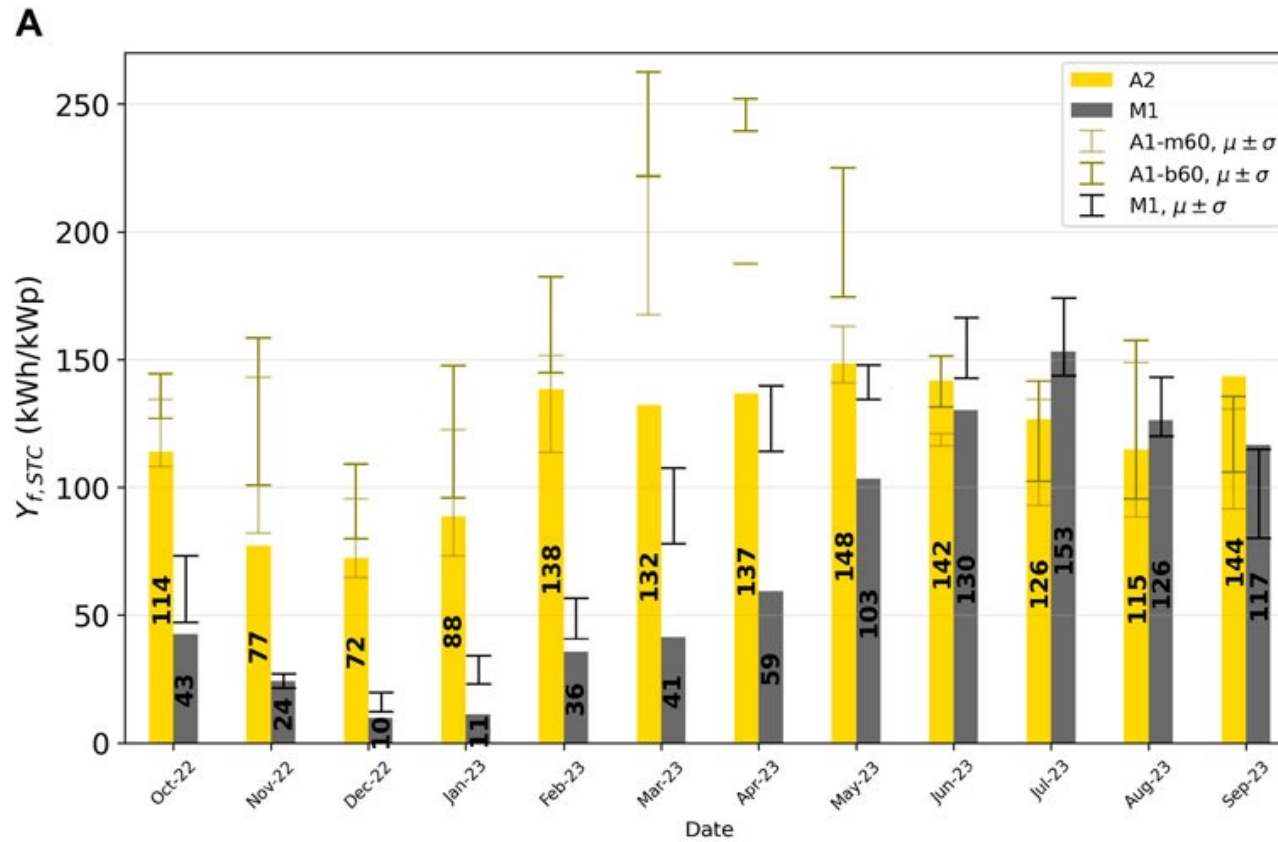
*Berlin, 26. September 2024* – Wird auf ehemaligen Ackerflächen ein Solarpark errichtet, steigt die Anzahl und die Vielfalt an Pflanzen und Tieren deutlich an. So konnten in PV-Freiflächenanlagen über 350 unterschiedliche Pflanzenarten und eine Vielzahl von Vogel-, Reptilien- und Insektenarten nachgewiesen werden. Das zeigen die heute veröffentlichten ersten Auswertungen der umfangreichen Untersuchung „Artenvielfalt im Solarpark – Eine bundesweite Feldstudie“, die der Bundesverband Neue Energiewirtschaft e.V. (bne) in Auftrag gegeben hat.





# Praxis: Produktion @ Muttsee

Vergleich der Produktion zwischen der Muttsee Anlage und einer Anlage im Mittelland



Frischholz et al., Frontiers, 2024

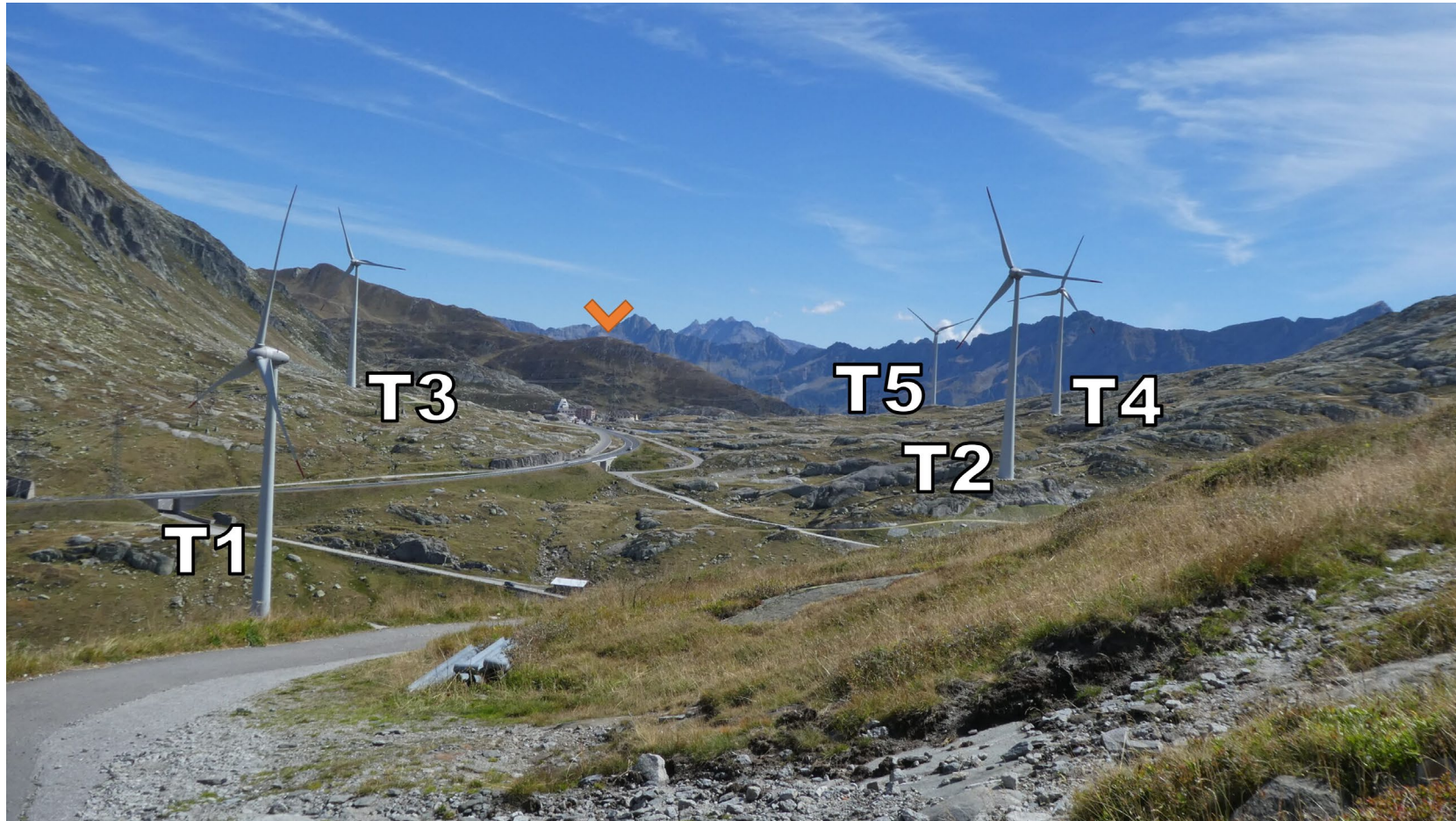


A2 / M1 267% 319% 750% 797% 389% 320% 230% 144% 109% 83% 91% 123%

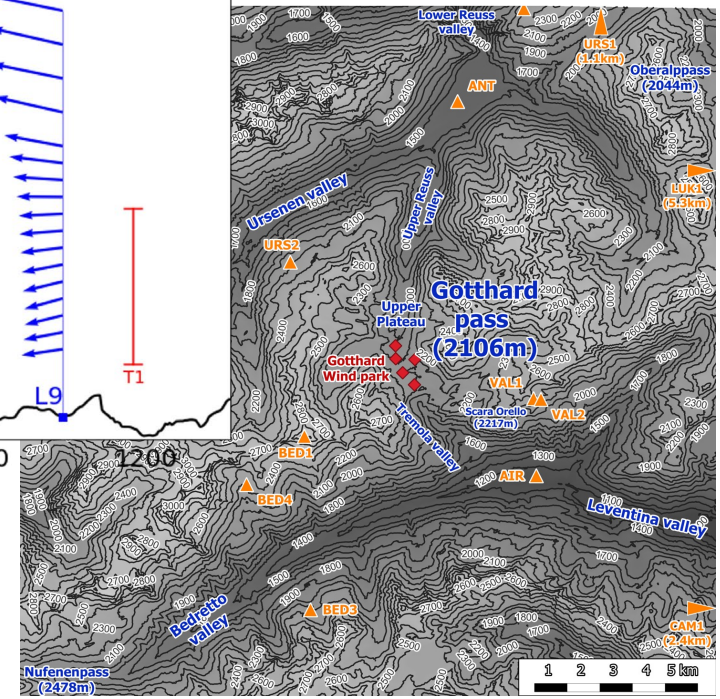
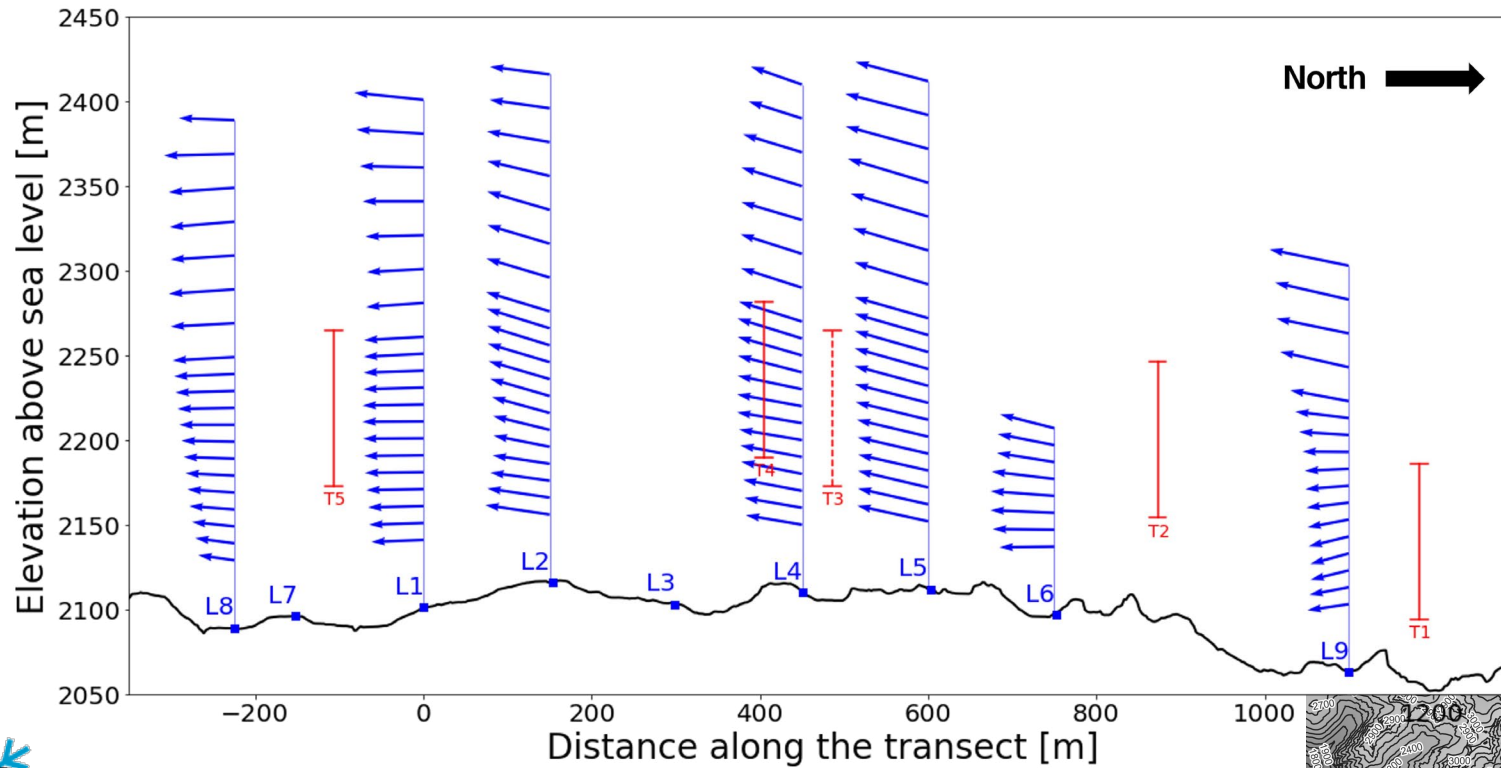
168%



# Praxis: Produktion @ Gotthard



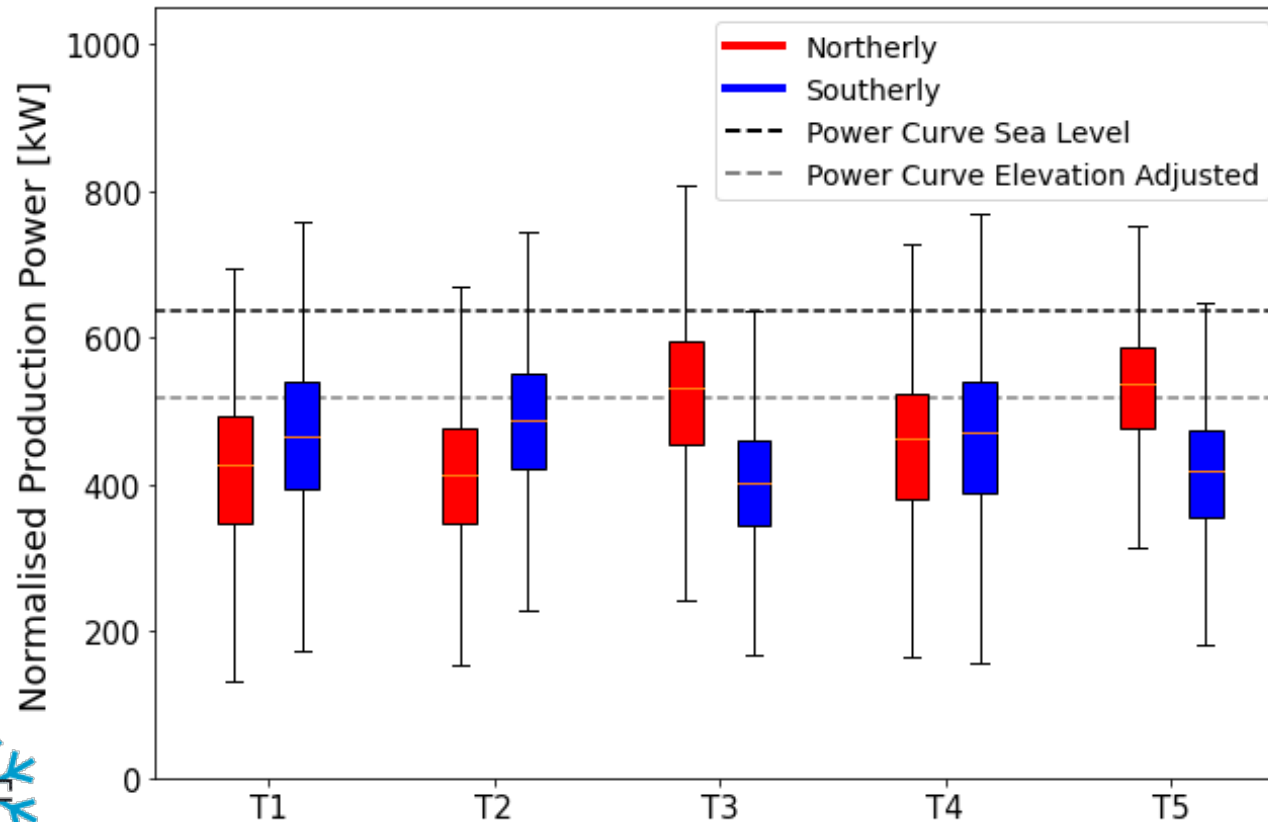
# Praxis: Wind Profiles @ Gotthard



vanSchaik et al., Open Research Europe, 2024



# Praxis: Produktion @ Gotthard

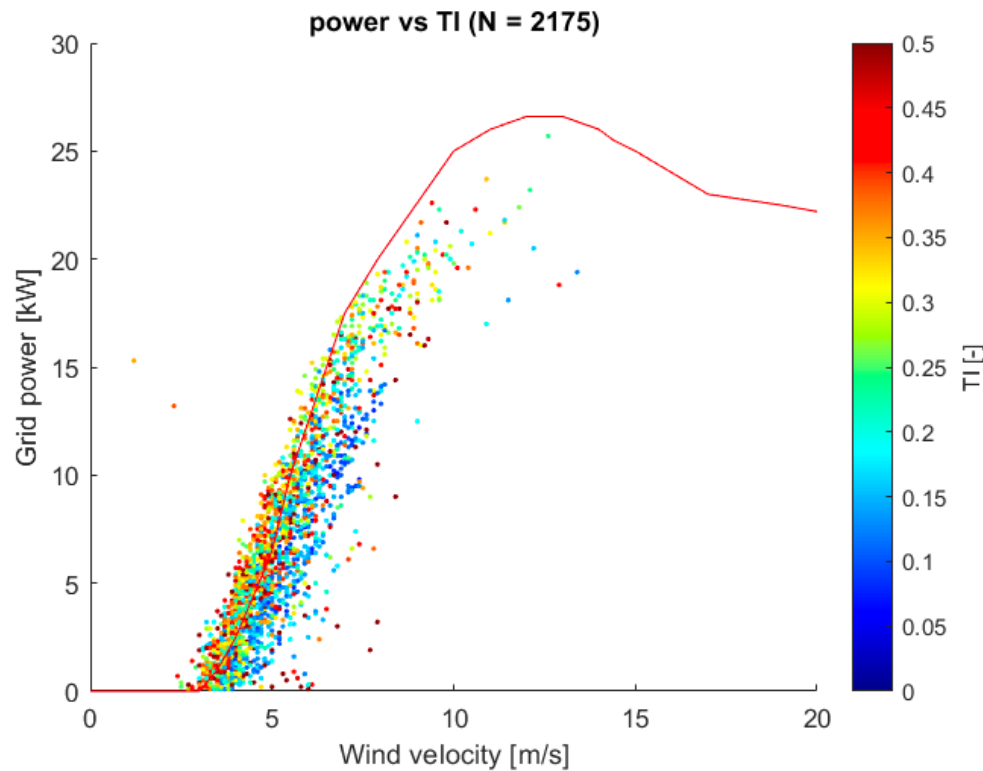


- Produktion ist sehr unterschiedlich zwischen den identischen Turbinen
- Leistung bleibt NICHT nur UNTER den Erwartungen
- Was sind die Gründe?





# Praxis: Erklärung @ LaStadera

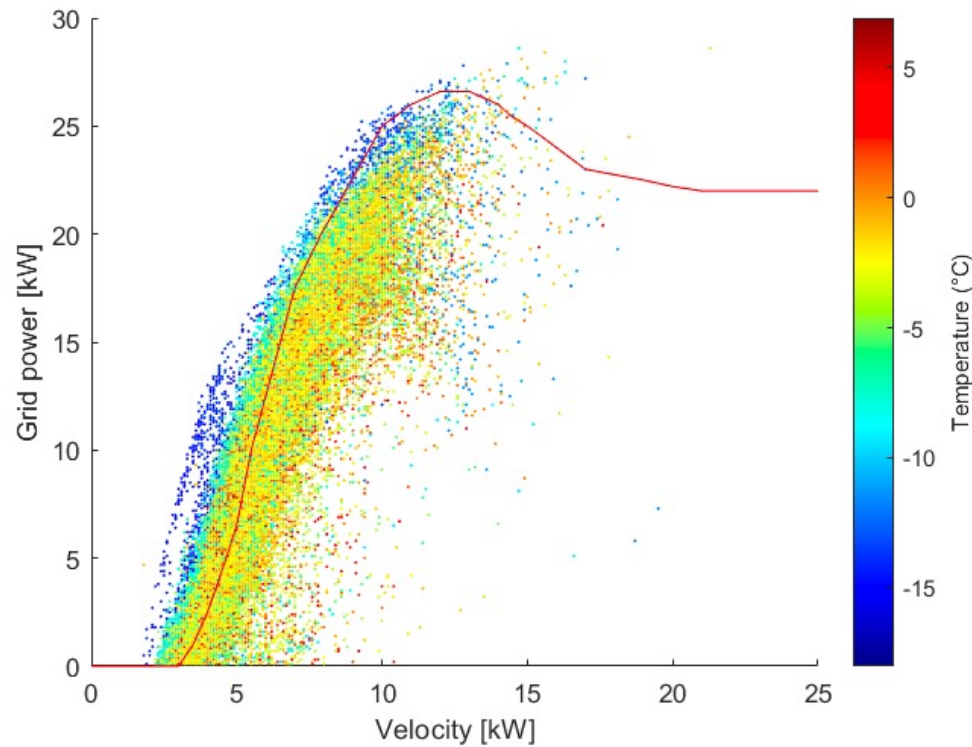


- Höhere Produktion bei höherer Turbulenz und niedriger Windgeschwindigkeit
- Vorteil in komplexer Topographie
- Nur ein Teil der möglichen Erklärung



Gasser et al., in prep., 2025

# Praxis: Erklärung @ LaStadera



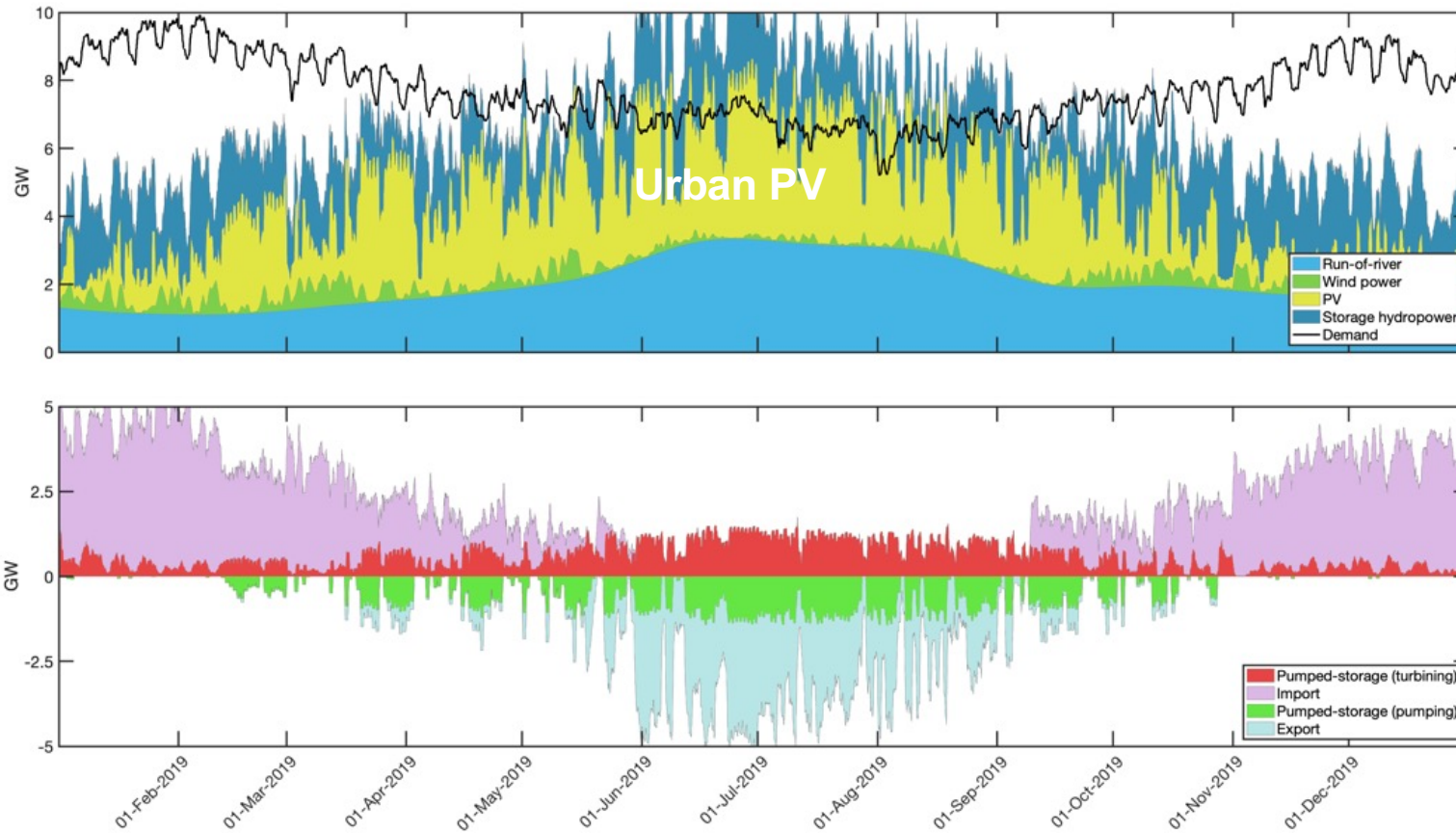
- Höhere Produktion bei niedriger Temperatur
- Vorteil in Höhenlagen
- Korreliert mit Schneebedeckung
- Korreliert mit atmosphärischer Stabilität



Gasser et al., in prep., 2025



# Winterlücke und Lösungen: Hochalpinen PV und Wind



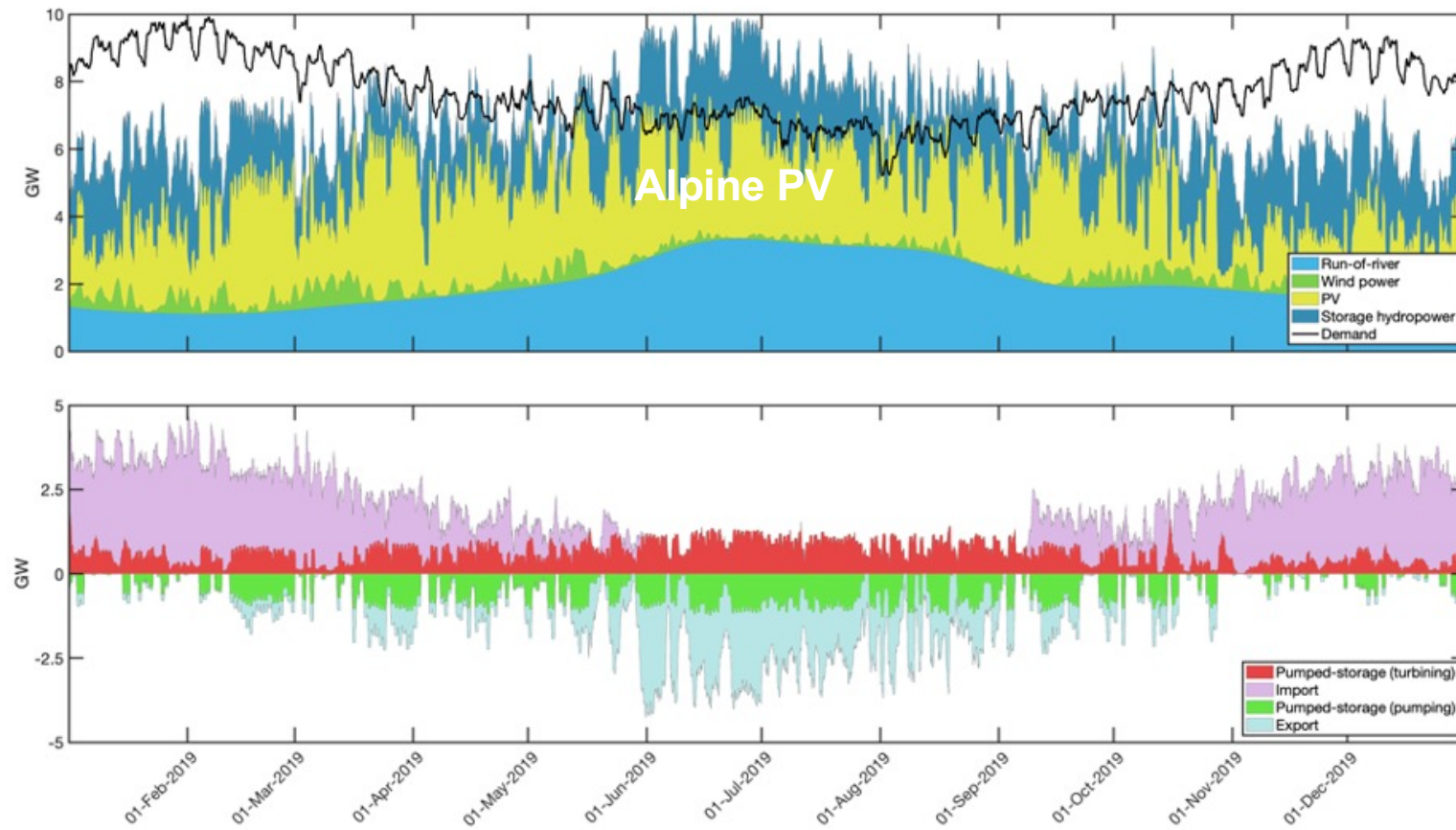
(PV + Wind: 15 GW) Winterlücke: 14.5 TWh







# Winterlücke und Lösungen: Hochalpinen PV und Wind



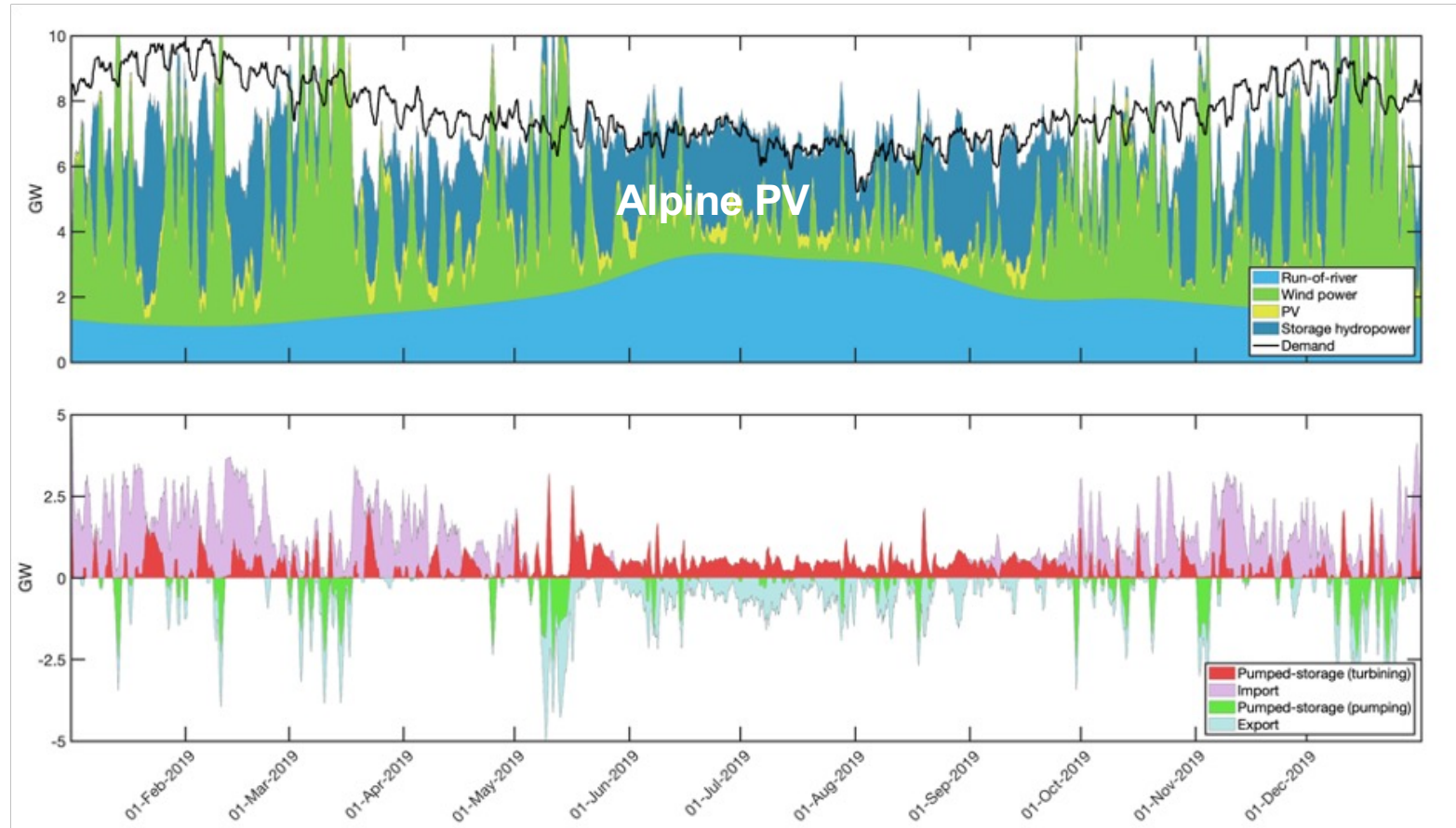
(PV + Wind: 15 GW)

Winterlücke: 14.5 TWh → 11.7 TWh





# Winterlücke und Lösungen: Hochalpinen PV und Wind



(PV + Wind: 15 GW)

**Winterlücke: 14.5 TWh → 11.7 TWh → 6.5 TWh (88% Wind)**





# Optimierte Standorte um die Winterlücke klein zu halten (45 TWh Geamterzeugung – Projektion 2050 Wetter 2018)

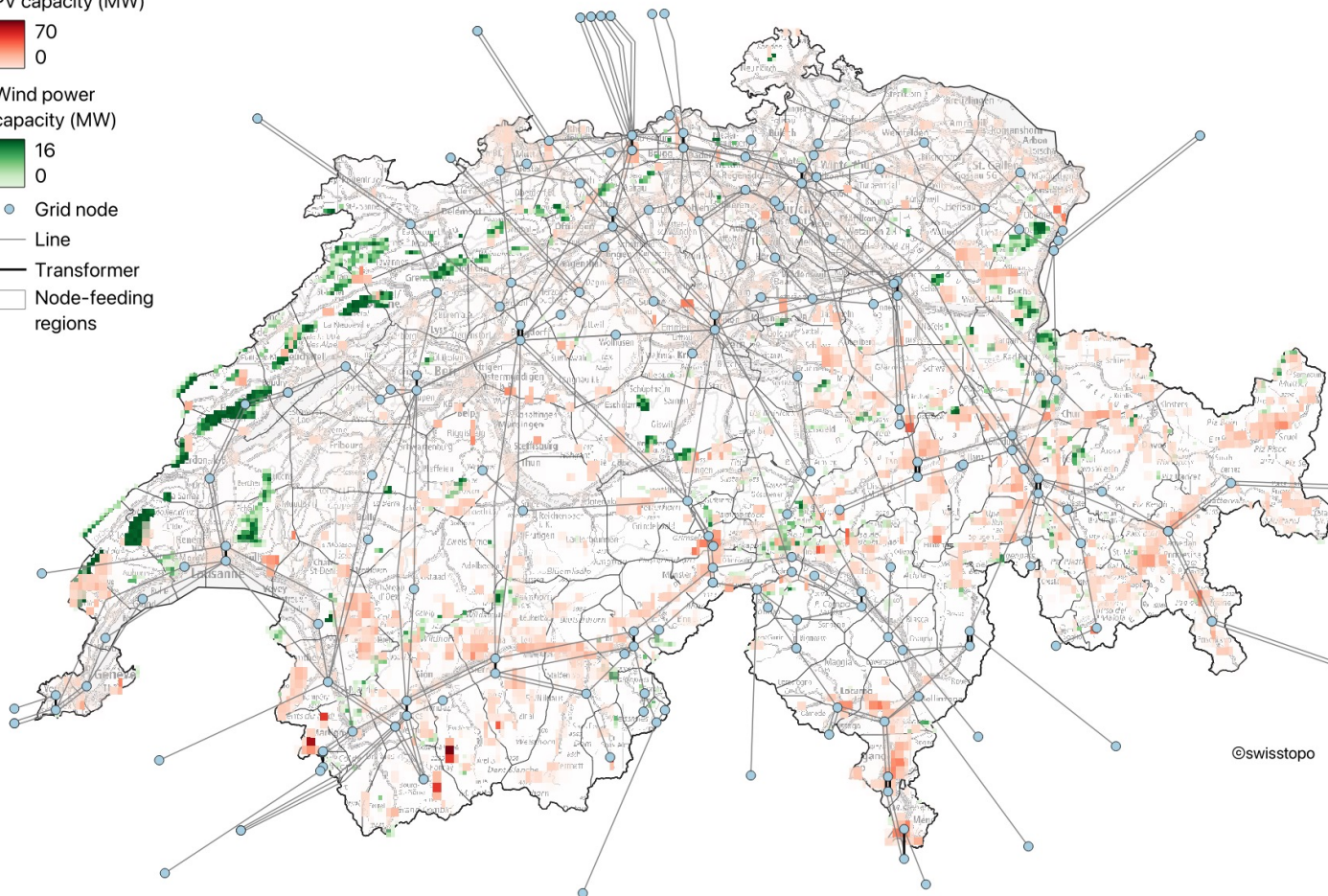
PV capacity (MW)



Wind power capacity (MW)



- Grid node
- Line
- Transformer
- Node-feeding regions

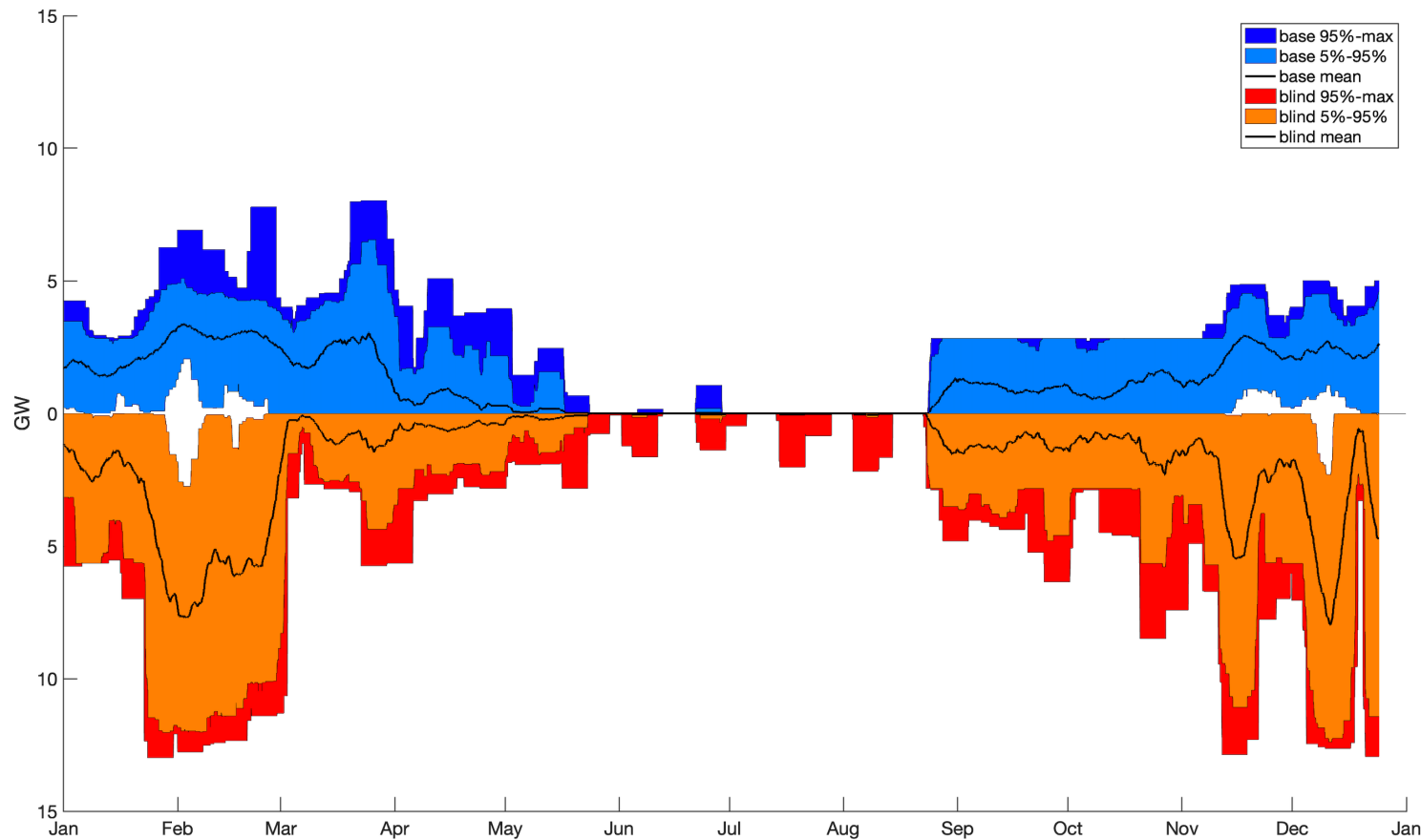


©swisstopo





## Import und der Wert der Wettervorhersage



- Import von Elektrizität kann um ein Drittel reduziert werden, wenn die Wettervorhersage stimmt
- Insbesondere können Spitzenwerte von Unterversorgung vermieden werden
- Was sind die Gründe?

## Wie kommen wir am Besten vorwärts?

Hochalpines PV ist gut und wichtig, die Ergänzung mit Windkraftanlagen macht es noch besser!

- Es braucht gezielte Subventionen
- Es braucht angepasstes Design und sorgfältige Standortwahl
- De-zentrale Lösungen mit lokaler Trägerschaft sind erstrebenswert und eröffnet wirtschaftliche Perspektiven

Symbolbild

